

# COHERENTLY RADIATING PERIODIC STRUCTURES (CORPS): APLICACIONES PRÁCTICAS

A. Ibáñez, D. Betancourt y C. del Río

*Grupo de Antenas, Universidad Pública de Navarra  
Campus Arrosadía s/n, 31006 Pamplona  
Tel: +34 948169326, Fax: +34948169720  
E\_mail: carlos@unavarra.es*

**ABSTRACT.-** In this paper some possible applications of the new philosophy to design antenna systems based on the Coherently Radiating Periodic Structures (CORPS) is presented.

This principle could allow the designer to simplify the needed feeding network for many array antenna systems since some elements could be coupled from the neighbouring ones, keeping the original excitation profile.

It will be also shown in this paper how the three dimensional version of CORPS could be understood as a focusing planar lens, since it is possible to distribute the information of one element to many radiating elements by using the coherent coupling mechanism between all the elements of the whole structure. With this configuration, many directive beams could be really close to each other, increasing the possibilities to handle high resolution in imaging systems.

## 1. INTRODUCCIÓN

Las estructuras periódicas de radiación coherente (CORPS) son estructuras periódicas en las que todos los elementos radiantes, lo que sería las celdas unitarias, son idénticos en forma y tamaño, resonando todos a la misma frecuencia. La otra condición necesaria para la correcta definición de una estructura CORPS es el acoplo coherente entre los diferentes elementos, consiguiendo un efecto filtrante que impide la propagación horizontal incontrolada de la energía.

A pesar de que el concepto de las estructuras periódicas de radiación coherente (CORPS) es muy claro y sencillo, todavía quedan muchos temas por desarrollar para poder sacar todo el partido a este tipo de estructuras.

Uno de los campos clave, en la correcta definición y para poder obtener el máximo rendimiento de las estructuras CORPS, es la caracterización y modelado de los diferentes mecanismos de acoplo que pueden estar presentes.

Muy probablemente, existirán muchas configuraciones de elementos radiantes descartados por sus grandes

posibilidades de acoplo a los elementos vecinos, por ejemplo los parches sobre sustratos de gran grosor. Bajo el punto de vista de las CORPS, el tener un mecanismo de acoplo suficientemente fuerte y claramente definido podría ser una de las características más importantes a la hora de elegir una configuración concreta para los elementos radiantes de una estructura CORPS.

Sin embargo, bajo la hipótesis de que pudiéramos tener controlado el mecanismo de acoplo entre nuestros elementos radiantes, y pudiéramos forzar los acoplos coherentes entre los mismos de manera adecuada, algunas aplicaciones realmente interesantes podrían ser una realidad.

Ya hemos podido observar que el funcionamiento del ojo humano es bastante parecido al propuesto para este tipo de estructuras CORPS [1], y si aplicamos este mismo concepto en recepción, podríamos tener correctamente definida una cámara de alta resolución a la frecuencia a la que pudiéramos sintonizar nuestros elementos radiantes.

En el ojo humano, la difusión de la imagen recibida sobre la retina se obtiene de forma natural, y en el caso de las estructuras CORPS, esa difusión sería la que conseguiríamos con el acoplo horizontal controlado.

Para acabar recibiendo correctamente la imagen, al igual que en el caso del ojo humano, necesitaremos procesar la información recibida para trasladarla al espacio angular, aprovechando la difusión de la estructura para ganar en resolución angular.

En transmisión, trabajando con un conjunto de fuentes ortogonales, podríamos aprovechar el efecto de la difusión característico de las CORPS para conseguir haces más directivos para cada fuente, gracias a la labor de los elementos circundantes, y fuertemente solapados, al reutilizar elementos para diferentes fuentes ortogonales.

La mejora de resolución angular en recepción y en transmisión será todavía mayor si aumentamos artificialmente el efecto de difusión aumentando el número de capas (figuras 1 y 2), generando una estructura CORPS en tres dimensiones.

Macroscópicamente hablando, la estructura CORPS tridimensional debería tener un comportamiento de filtro rechaza banda horizontalmente, para poder controlar el efecto de la difusión, mientras que debería tener un comportamiento paso banda en dirección vertical, para que la potencia no encuentre obstáculo alguno para atravesar la estructura.

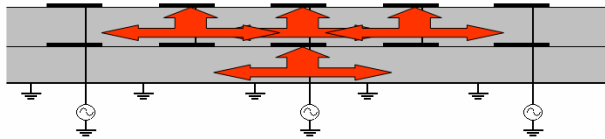


Figura 1.- Expansión de la excitación central en una estructura de dos capas CORPS.

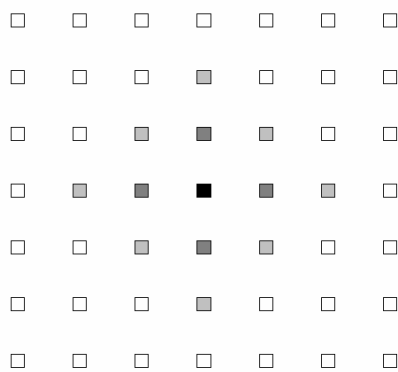


Figura 2.- Vista superior de los elementos acoplados en la estructura de dos capas CORPS de la figura 1. La intensidad del color señala el nivel de potencia acoplada a la capa superior de radiación.

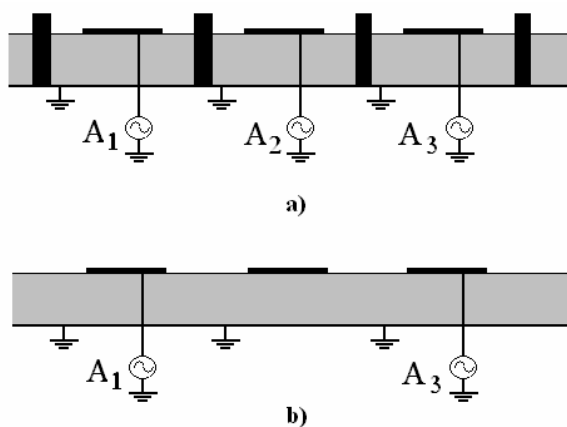


Figura 3.- Agrupación de tres elementos aislados con sus correspondientes excitaciones (a), y la agrupación equivalente CORPS, donde únicamente se requieren dos elementos alimentados, ya que el tercero se alimenta gracias al acoplo horizontal de los otros dos elementos (b).

También en transmisión, se podría emplear el concepto de las estructuras periódicas de radiación coherentes, CORPS, para simplificar las redes de alimentación de

agrupaciones de antena, ya que, aprovechando los acoplos mutuos coherentes existentes, podríamos alimentar ciertos elementos intermedios horizontalmente (figura 3).

## 2. APLICACIONES DE CORPS

### 2.1. Utilizando CORPS como superestrato

Una de las más simples aplicaciones de las CORPS que podría ayudar a comprender el funcionamiento y las posibilidades de las estructuras CORPS es utilizarlo como superestrato de antenas ya existentes.

En concreto, la estructura CORPS que vamos a utilizar consiste en un apilamiento de capas de agrupaciones de parches y ranuras resonantes dispuestos ordenadamente formando una malla cuadrada, denominada PSP en la referencia [2] y mostrada en la figura 4.

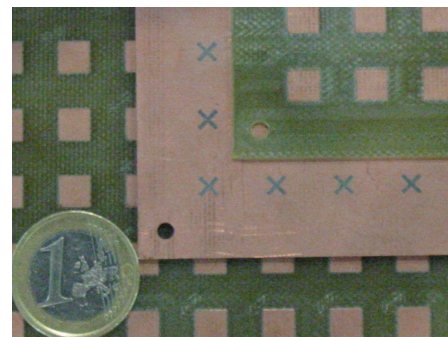


Figura 4.- Detalle de las tres capas apiladas para conseguir la estructura CORPS trabajando entorno a 10.5GHz.

Al ser los parches y ranuras resonantes a la frecuencia de diseño, tenemos un comportamiento de transmisión total, y todas las muestras del campo incidente capturadas por los elementos de la primera capa, serán admitidas por la estructura y serán difundidas por la estructura de capa en capa hasta llegar a la de radiación.

La permitividad utilizada del dieléctrico es de 4.5, y la separación entre elementos se ha fijado para tener un acoplo coherente a 12 mm., por lo que la separación entre elementos de la estructura CORPS o PSP es significativamente menor de una longitud de onda en el espacio libre.

Según el principio de Huygens, una vez las muestras del campo incidente atraviesan la estructura verticalmente, podríamos reproducir fielmente las fuentes originales, ya que la separación entre los elementos de radiación es menor de una longitud de onda en el espacio libre.

Sin embargo, si existen acoplos entre los diferentes elementos que conforman la superestructura, los campos podrían verse seriamente afectados y no llegar a reproducir las fuentes originales por muy cercanos que

quieran estar los elementos radiantes en la superestructura.

Utilizando superestructuras del tipo CORPS conseguiremos tener bajo control los posibles acoplos, y caso de que pudieran existir, por la propia definición de las CORPS, serían coherentes, por lo que no afectarían negativamente al no cancelar la contribución de ningún elemento radiante de la agrupación.

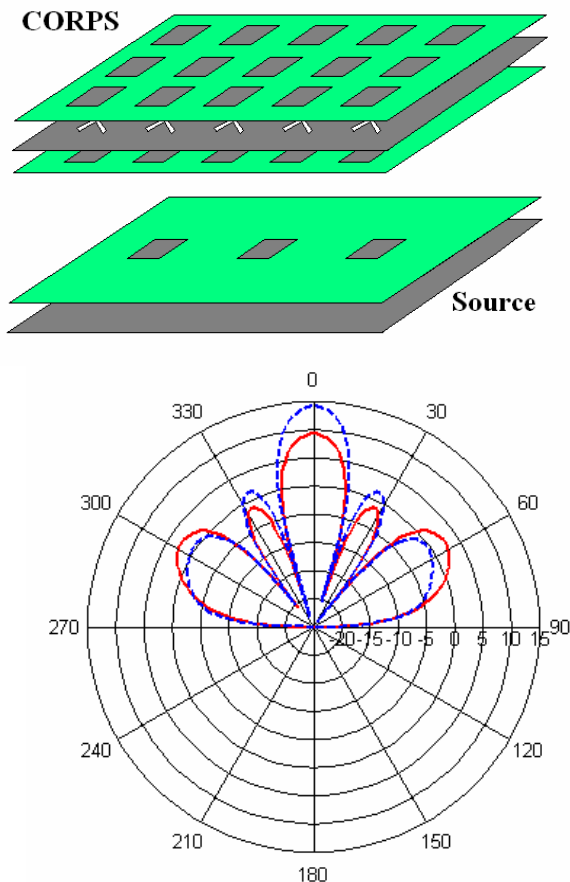


Figura 5.- Comparativa del campo radiado de una agrupación de tres parches aislados separados aprox.  $\lambda_0$  (línea continua) y el de la configuración que incluye la superestructura CORPS (línea discontinua).

Además, este acoplo horizontal controlado característico de las estructuras CORPS, la difusión de la “imagen muestrada” de entrada, nos ofrecerá ciertas ventajas interesantes. Este efecto de difusión sería equivalente a sumar las contribuciones de diferentes fuentes desplazadas en las cuatro posibles direcciones del plano en el que están definidas multiplicándolas por cierto coeficiente dependiente de la fuerza del acoplo existente en nuestras estructuras.

Por ejemplo, si estamos trabajando con una agrupación de antenas que generan lóbulos de difracción importantes al no poder acercar más los elementos radiantes de dicha agrupación, con la ayuda de un superestrato podríamos reducir significativamente los lóbulos de difracción, y por

consiguiendo aumentar significativamente la ganancia del conjunto en la dirección de interés.

Esta es una prueba de que la presencia de los acoplos altera la aplicación del principio de Huygens, ya que en este caso los elementos de la agrupación están separados una distancia muy pequeña y sin embargo no se consigue reproducir exactamente las fuentes originales, ya que se reducen fuertemente los lóbulos de difracción y se aumenta la ganancia en la dirección de máxima radiación.

## 2.2. CORPS en agrupaciones de antenas

En este caso, aplicaremos los conceptos de las CORPS a una agrupación lineal de antenas parche, para poder ilustrar específicamente las posibilidades de simplificar las redes de alimentación de configuraciones más complejas.

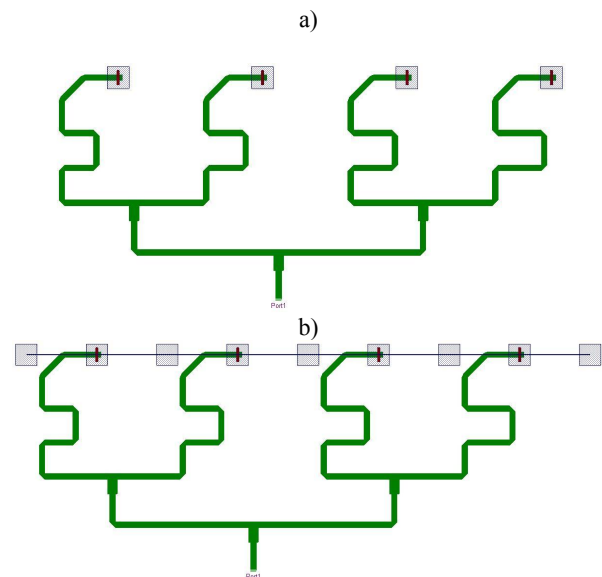


Figura 6.- Agrupación longitudinal de parches cuadrados acoplados por ranura a través del plano de masa con amplitud uniforme y un incremento progresivo de fase de 90 grados (a), comparada con la agrupación anterior incluyendo parches adicionales formando una CORPS (b).

La configuración inicial es una agrupación de cuatro antenas parche cuadradas, sobre un substrato de permitividad 4.5 y separados  $1.256 \lambda_0$ , alimentados por una red de distribución en tecnología microtira que acopla mediante una ranura en el plano de masa una amplitud uniforme con una fase progresiva de 90 grados.

Esta configuración genera un máximo de radiación a unos  $+9$  grados, y dada la distancia entre los elementos radiantes, poseer unos lóbulos de difracción separados  $\pm 50$  grados de la dirección de máxima radiación. En nuestro caso, quedan a  $-40$  y  $+60$  grados (figura 7, línea continua).

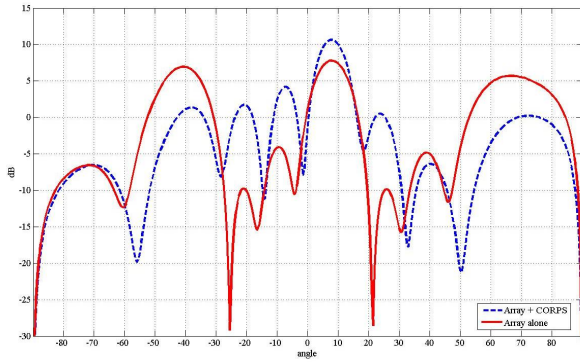


Figura 7.- Comparativa del campo radiado por las agrupaciones de antenas presentadas en la figura 6.

El diseño alternativo que introduce los conceptos de CORPS pasa por incorporar unos parches parásitos intermedios en la capa de radiación, sin modificar la red de alimentación anterior. Incorpora además una línea de transmisión muy fina (0.1 mm.) en la capa de radiación con la intención de aumentar el acoplo mutuo entre los elementos radiantes.

En el diagrama de radiación en campo lejano se puede observar cómo aumenta la potencia radiada entorno a 9 grados, disminuyendo la radiación en las direcciones de los lóbulos de difracción.

Esto se podría justificar teniendo en cuenta la fórmula de radiación de una agrupación de antenas:

$$\vec{E}_{rad}(\vec{r}, t) = \vec{E}_0(\vec{r}, t) \cdot FA(\Psi) \quad (1)$$

siendo  $\vec{E}_0$  el campo radiado por un elemento aislado,  $FA(\Psi)$  el factor agrupación y  $\Psi$  el ángulo eléctrico función de la disposición concreta de los elementos de la agrupación.

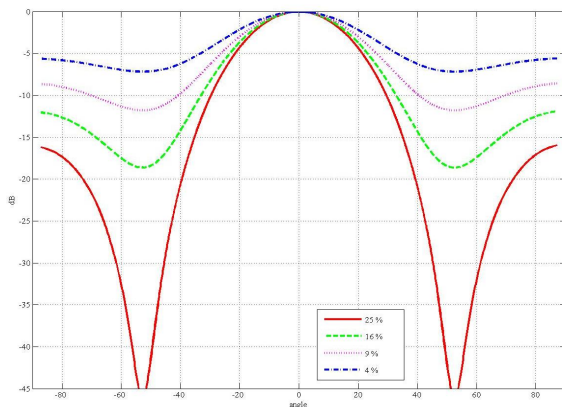


Figura 8.- Factor agrupación de tres elementos con una distribución triangular de amplitud con diferentes niveles de acoplo.

La radiación de la estructura completa la podríamos encontrar modificando simplemente  $\vec{E}_0$ , desde que el elemento unitario de radiación se ha modificado incluyendo en cierta medida a los parches circundantes. En la figura 8 tenemos representado el factor multiplicativo a aplicar al diagrama de radiación original en función de la fuerza del acoplo para obtener el nuevo diagrama de radiación.

Idealmente, si hubiéramos acoplado el 25% de la potencia a los dos elementos contiguos (línea continua de la figura 8) y no estuviéramos inclinando electrónicamente el haz, estaríamos cancelando completamente los lóbulos de difracción.

Por simple inspección de la figura 7, se puede observar que el acoplo existente en la estructura combinada, pese a contribuir bajando los lóbulos de difracción y aumentar la directividad, no es muy alto, ya que la mejora no es todo lo espectacular como podría llegar a ser.

### 3. CONCLUSIONES

En este artículo se han presentado algunas de las posibles aplicaciones en las que los conceptos de las estructuras periódicas de radiación coherente pueden resultar de utilidad.

La idea de las CORPS podría servir para aumentar la resolución angular de sistemas de visión artificial, para reducir la complejidad de las redes de alimentación de agrupaciones de antenas, para posibilitar el tener haces muy directivos con orígenes muy cercanos.

No obstante, todavía queda mucho trecho que recorrer para encontrar las mejores configuraciones de elementos radiantes que pueden sacar todo el provecho de la filosofía de las CORPS.

### REFERENCIAS

- [1] D. Betancourt, A. Ibañez y C. del Río, “Coherently Radiating Periodic Structures (CORPS) y el Ojo Humano: Principio de Funcionamiento”, XX Symposium nacional URSI 2005, Gandía, Septiembre 2005.
- [2] D. Betancourt, A. Ibañez y C. del Río, “Mejora de las características de antenas usando superesratos Parche-Slot-Parche (PSP)”, XX Symposium nacional URSI 2005, Gandía, Septiembre 2005.